

УДК 617.57-77:612.88

М. С. Щур, студент гр. ПБ-82, к.т.н., доц. Вонсевич К.П.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ВІДТВОРЕННЯ ПРИРОДНОЇ СЕНСОРИКИ У ПРОТЕЗАХ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК

Анотація. У роботі проаналізовано принципи побудови систем і методи відтворення окремих функцій природної сенсорики у протезах верхніх кінцівок. Визначено основні види датчиків, які використовуються при проектуванні сенсорних систем штучних кінцівок. Проаналізовано ефективність застосування таких систем при вирішенні типових завдань. Представлено блок – схему вимірювання сенсорної інформації для розпізнавання об'єктів маніпуляції пальцями протезу руки та охарактеризовано її складові частини.

Ключові слова: Біонічні протези, сенсорна інформація, зворотній зв'язок, тактильні датчики, оптичні датчики.

ВСТУП

Станом на сьогодні, відтворення природної сенсорики людини у протезах верхніх кінцівок є одним із нагальних питань протезно-ортопедичного приладобудування. Вже наявні у галузі напрацювання дозволяють відтворити окремі функції, що притаманні людському організму. Наприклад, у роботі [1] авторами запропоновано зразок штучної шкіри на основі силікону, яка є чутливою до зміни тиску та використовується для моніторингу сили впливу об'єкту маніпуляції на штучну кінцівку.

Протези, які дозволяють відтворити не лише візуальну подібність до природної кінцівки, а і забезпечують відтворення певних жестів, рухів та елементів тактильності отримали назву біонічних, та задають новітні тренди у відповідній галузі науки і технології. Оскільки біонічний протез є індивідуальною, досить складною з технологічної точки зору системою, що водночас повинна бути доступною для звичайного користувача, виробникам досить часто доводиться іти на компроміс між технологічністю приладу, його можливостями та ціною. Як наслідок, популярним рішенням є реалізація окремих функцій протезу за рахунок додаткового програмного забезпечення для персональних гаджетів користувача, таких як планшетні пристрої чи мобільні телефони, тощо. Сила стиснення предмету та швидкість руху фаланг, при цьому, регулюється за допомогою модулю керування протезу, а додаткові елементи сенсорики не використовуються взагалі.

Метою цієї роботи є огляд основних методів відтворення природної сенсорики штучних кінцівок, що використовуються у протезно-ортопедичному приладобудуванні та порівняння ефективності їх застосування.

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ

Основні принципи за якими зазвичай реалізується відтворення окремих функцій природної сенсорики у протезах, можна звести до декількох загальних речей. Зокрема, для реалізації автономних систем керування протезів, у яких функціонал регулюється залежно від зовнішніх впливів досить важливо реалізувати систему зворотного зв'язку (ЗЗ) між кінцівкою і протезом. При цьому ЗЗ можна поділити на дві умовних категорії: із впливом на тіло користувача та самостійний автономний контроль [2]. Вибір тієї чи іншої категорії ЗЗ на практиці залежить від багатьох факторів (складності реалізації,

кінцевої мети розробки, функціональних можливостей загальної системи протезу, тощо), але перш за все – комфорту використання потенційним користувачем. При реалізації ЗЗ та відтворенні сенсорики у протезах верхніх кінцівок використовуються різні види датчиків та їх поєднання. Критеріями вибору сенсорів окрім технічних характеристик (таких як чутливість, напруга живлення, наявність гістерезису, дрейф, тощо) є і загальний метод дослідження, відповідно до якого будується та чи інша схема вимірювання сигналів ЗЗ. Серед датчиків які найчастіше використовуються при вирішенні завдання відтворення природної чутливості кінцівки можна виділити: оптичні датчики, датчики сили та положення, ємнісні датчики, п'єзорезистивні та п'єзоелектричні датчики.

Більшість методів реєстрації сигналу ЗЗ базуються на аналізі та подальшій інтерпретації показників, визначених із датчиків, що є у складі біонічної кінцівки. При цьому, використання лише одного виду сенсору для реалізації системи ЗЗ та відтворення окремих функцій природної сенсорики застосовується рідко. Наприклад, у роботі [3] запропоновано метод вдосконалення хапальних рухів кінцівки на основі сенсорної інформації з силових і тактильних датчиків скомбінованих у одній системі. За допомогою такої комбінації авторам вдалось досягти точності розпізнавання 20 об'єктів з показником 85,41%. В той же час, у роботі [4] авторами використано датчики сили та деформації для відтворення чутливості протезу кисті, конструкція якого виконана із м'якого силікону. Використання такої комбінації датчиків дало змогу отримати точність розпізнавання 15 об'єктів із показником 70%. У роботі ж [5] запропоновано використання оптико-електронної системи із додатковим концентратором оптичного випромінювання, яка дала змогу ідентифікувати дванадцять типів поверхонь потенційних об'єктів маніпуляції протезу із показником 94%. А у статті [1] використання комбінації сигналів із оптичного і тактильного датчиків дало змогу досягти точності розпізнавання 10 об'єктів маніпуляції із показником 93,5%.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Точність розпізнавання об'єктів різної структури сенсорними елементами штучної кінцівки може значно відрізнятись і залежить як від обраного методу дослідження, так і від кількості та типу сенсорів, а також кінцевого функціоналу, який планується досягти у протезі. Досить перспективним при цьому є відтворення окремих функцій сенсорики здорової кінцівки шляхом аналізу додаткової інформації з оптичних сенсорів, або їх комбінацій з іншими видами датчиків. Базуючись на дослідженні розглянутому у статті [5], у цій роботі було запропоновано узагальнену блок-схему вимірювання сенсорної інформації для розпізнавання об'єктів маніпуляції пальцями протезу руки (рис. 1).

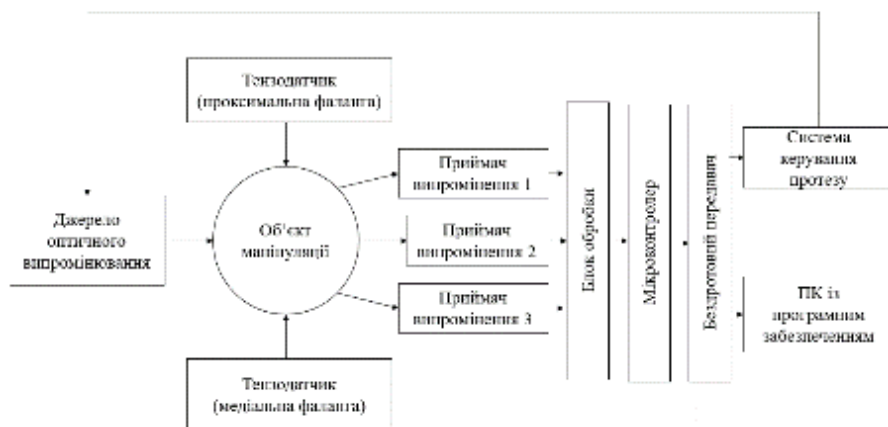


Рис. 1. Схема вимірювання сенсорної інформації

Як видно з рисунку, запропонована схема вимірювання сенсорної інформації містить у своєму складі: джерело оптичного випромінювання, масив фото-приймачів, два тензодатчики, блок обробки сигналу та мікроконтролер. При цьому, інформація з масиву оптичних сенсорів використовується для розпізнавання типу поверхні, а тензо-резистивні датчики, які будуть розміщені на дотичній поверхні медіальної та проксимальної фаланг — для контролю над силою стиснення пальцями протезу об'єктів маніпуляції і унеможливлення їх прослизання.

Отже, у цій статті авторами проведено аналіз основних принципів, методів і засобів, що використовуються для відтворення природньої сенсорики у протезах верхніх кінцівок. Визначено основні види датчиків, проаналізовано ефективність застосування існуючих систем для вирішення типових задач і запропоновано узагальнену блок-схему вимірювання сенсорної інформації для розпізнавання об'єктів маніпуляції пальцями протезу руки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Kappassov Z. Color-Coded Fiber-Optic Tactile Sensor for an Elastomeric Robot Skin / Z. Kappassov, D. Baimukashev, Z. Kuanyshuly. – 2019. – С. 7.
- [2] Вонсевич К. П. Міографічна система біонічної руки з оптичною ідентифікацією типу поверхні : дис. канд. техн. наук : 05.11.17 / Вонсевич Костянтин Петрович – Київ, 2020. – 180 с.
- [3] Tactile Object Recognition using Deep Learning and Dropout / [A. SCHMITZ, Y. BANSO, K. NODA та ін.]. – 2014. – С. 7
- [4] Optoelectronically innervated soft prosthetic hand via stretchable optical waveguides / Z. Huichan, K. BANSO, L. Shuo, R. Shepherd. – 2016. – С. 10.
- [5] Vonsevych, K. P., Bezuglyi, M. O., & Prytula, O. A. (2019). Optical feedback based on the photometry by ellipsoidal reflector in bionic fingers application. Kpi science news, (3), 63-72.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Вонсевич К.П.